

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SUPRESSORES DE POEIRA COMERCIAIS APLICADOS AO PELLET FEED

PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF COMMERCIAL DUST SUPPRESSANTS APPLIED TO PELLET FEED

Bruno Pereira Louro de Magalhães

Aluno de Graduação de Química 7º período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM: maio de 2026 a agosto de 2026
brunoplouro@gmail.com

Ruan Roberto Henriques

Orientador, Químico, D.Sc.
rhenriques@cetem.gov.br

RESUMO

A emissão de material particulado durante as etapas de mineração, beneficiamento e transporte de minério de ferro representa um importante desafio ambiental. Embora supressores químicos de poeira sejam amplamente empregados para mitigar esse problema, os mecanismos físico-químicos responsáveis por sua eficiência ainda não são completamente compreendidos. Neste trabalho, foram avaliadas as propriedades físico-químicas de três supressores de poeira comerciais (C, R e V), visando correlacioná-las com seus possíveis mecanismos de atuação no controle de particulados em pellet feed. Para isso, foram realizados ensaios de tensão superficial, potencial zeta e retenção de umidade. Os resultados mostraram que as tensões superficiais foram distintas entre os supressores avaliados, sendo que o supressor C se destacou por apresentar a maior redução da propriedade, o que pode ser correlacionado a uma maior atividade surfactante e, conseqüentemente, a um maior potencial de molhabilidade do minério. As medidas de potencial zeta evidenciaram que os supressores de natureza coloidal apresentam carga superficial dependente do pH, sugerindo que as interações eletrostáticas podem influenciar seu desempenho. Em relação à retenção de umidade, todos os supressores retardaram a perda de água em comparação com o sistema controle. Entretanto, os supressores R e V apresentaram maior capacidade de reduzir a taxa de secagem, indicando um mecanismo de atuação associado à higroscopicidade. Os resultados demonstram que as formulações comerciais apresentam estratégias complementares para a supressão de poeira, baseadas em diferentes combinações de molhabilidade, retenção de umidade e interações eletrostáticas.

Palavras-chave: Supressão de poeira; minério de ferro; potencial zeta; tensão superficial; retenção de umidade.

ABSTRACT

Particulate matter emissions during the mining, beneficiation, and transportation of iron ore represent a major environmental challenge. Although chemical dust suppressants are widely employed to mitigate this problem, the physicochemical mechanisms responsible for their effectiveness are still not fully understood. In this study, the physicochemical properties of three commercial dust suppressants (C, R, and V) were evaluated to correlate them with their potential mechanisms of action in controlling particulate matter in pellet feed. To this end, surface tension, zeta potential, and moisture retention tests were performed. The results showed that the suppressants exhibited distinct surface tension values, with suppressant C providing the greatest reduction in this property, which can be correlated with higher surfactant activity and, consequently, enhanced wettability of the iron ore. Zeta potential measurements revealed that colloidal suppressants exhibit pH-dependent surface charge, suggesting that electrostatic interactions may influence their performance. Regarding moisture retention, all suppressants delayed water loss compared with the control system. However, suppressants R and V showed a

greater ability to reduce the drying rate, indicating a mechanism of action associated with hygroscopicity. The results demonstrate that commercial formulations employ complementary dust suppression strategies based on different combinations of wettability, moisture retention, and electrostatic interactions.

Keywords: Dust suppression; iron ore; zeta potential; surface tension; moisture retention.

1. INTRODUÇÃO

A geração de material particulado representa um dos principais desafios ambientais e operacionais da mineração de ferro. Durante as etapas de lavra, beneficiamento, estocagem e transporte, partículas finas podem ser dispersas pelo vento, ocasionando perdas de material, impactos ambientais, redução da qualidade do ar e riscos à saúde ocupacional.

Tradicionalmente, o controle de poeira é realizado por aspersão de água. Entretanto, esse método apresenta eficiência limitada devido à rápida evaporação da água e à baixa capacidade de molhamento de superfícies hidrofóbicas presentes em determinados minérios. Como alternativa, diversos supressores químicos vêm sendo empregados visando aumentar a retenção de umidade, reduzir a tensão superficial da água, promover a aglomeração de partículas finas e modificar as interações eletrostáticas entre partículas minerais.

Apesar do amplo uso comercial desses produtos, seus mecanismos de atuação ainda não são completamente compreendidos. A compreensão das alterações físico-químicas promovidas pelos supressores pode contribuir para o desenvolvimento de formulações mais eficientes e para a seleção racional de produtos em função das características do minério.

Neste trabalho foram avaliados três supressores comerciais, denominados C, R e V, por meio de ensaios de retenção de umidade, medidas de potencial zeta e de tensão superficial das soluções, buscando correlacionar as alterações físico-químicas promovidas pelos produtos com seus possíveis mecanismos de controle de poeira.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar três supressores comerciais de poeira (C, R e V) por meio de análises físico-químicas, buscando compreender como suas propriedades podem influenciar a eficiência no controle da emissão de partículas finas em pellet feed.

3. METODOLOGIA

Foram avaliados três supressores comerciais fornecidos pela H2O Ambiental, identificados como C, R e V. As concentrações de trabalho foram definidas com base nas recomendações de aplicação fornecidas pelo fabricante. Para cada produto, foram avaliadas variadas concentrações: inferior à recomendada, a recomendada e superior à recomendada. Todos os ensaios foram realizados utilizando pellet feed de mesma procedência e distribuição granulométrica semelhante.

As medidas de tensão superficial foram realizadas pelo método da gota séssil, utilizando um goniômetro equipado com câmera de alta resolução.

As determinações de potencial zeta foram realizadas em um Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical). Os produtos foram inicialmente diluídos em solução de KCl 0,1 mol L⁻¹. O pH foi ajustado entre 2 e 12 utilizando soluções de HCl e KOH.

Para as medidas de retenção de umidade, o minério foi previamente seco em estufa (>50 °C) por 24 horas para remoção da umidade residual. Em seguida, as amostras foram umidificadas até aproximadamente 4% (m/m), utilizando água ultrapura ou soluções contendo os supressores comerciais. As amostras foram homogeneizadas e submetidas à pesagem periódica em balança analítica durante cinco horas, à 20°C e 70% de umidade relativa, permitindo determinar a perda de água ao longo do tempo e calcular a velocidade de secagem e a umidade residual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados de tensão superficial nas diferentes concentrações avaliadas para os supressores de poeira estudados. Observa-se que o produto C promoveu a maior redução da tensão superficial, indicando comportamento típico de um agente surfactante. A diminuição da tensão superficial favorece o espalhamento da solução sobre a superfície do minério, aumentando sua molhabilidade e facilitando a penetração do produto entre as partículas finas. Os produtos R e V apresentaram reduções mais discretas, indicando que seus mecanismos de atuação provavelmente não estão associados principalmente à ação tensoativa, mas a outros processos físico-químicos, como formação de filme superficial.

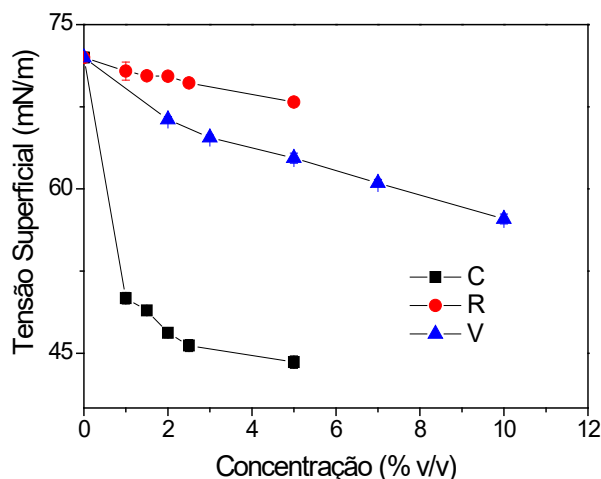


Figura 1: Tensão superficial das soluções contendo os supressores comerciais C, R e V em diferentes concentrações.

A Figura 2 apresenta os resultados das medidas de potencial zeta dos produtos avaliados. Nota-se que o potencial zeta tornou-se progressivamente mais negativo com o aumento do pH para todos os produtos. Tal fenômeno pode ser associado ao ganho de carga pela desprotonação de espécies carboxiladas ou hidroxiladas em valores de pH alcalinos. Entretanto, diferenças entre as curvas indicam que cada supressor tem um balanço de cargas distinto e pode interagir com as partículas minerais de forma diferente.

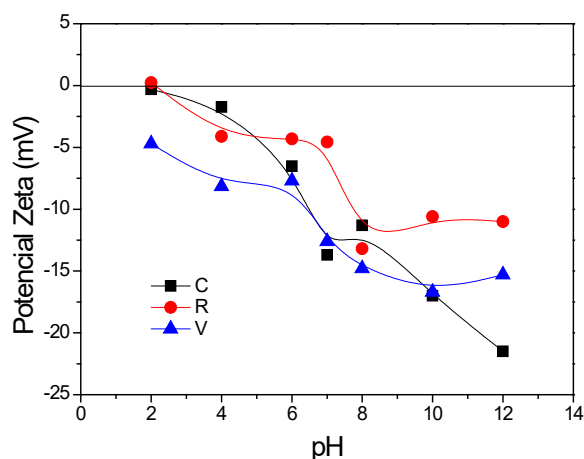


Figura 2: Potencial zeta dos supressores C, R e V em função do pH.

A Figura 3 apresenta os resultados de retenção de umidade do pellet feed proporcionado pelos supressores estudados. Observa-se que todos os supressores retardaram a perda de umidade quando comparados ao controle contendo apenas água. Para os produtos C e R, observou-se a existência de uma concentração ótima, 2 e 5% v/v, respectivamente, na qual a retenção de água foi maximizada. Além disso, de forma genérica, o aumento adicional da concentração não resultou necessariamente em melhor desempenho, indicando que concentrações elevadas podem não proporcionar ganhos proporcionais de eficiência.

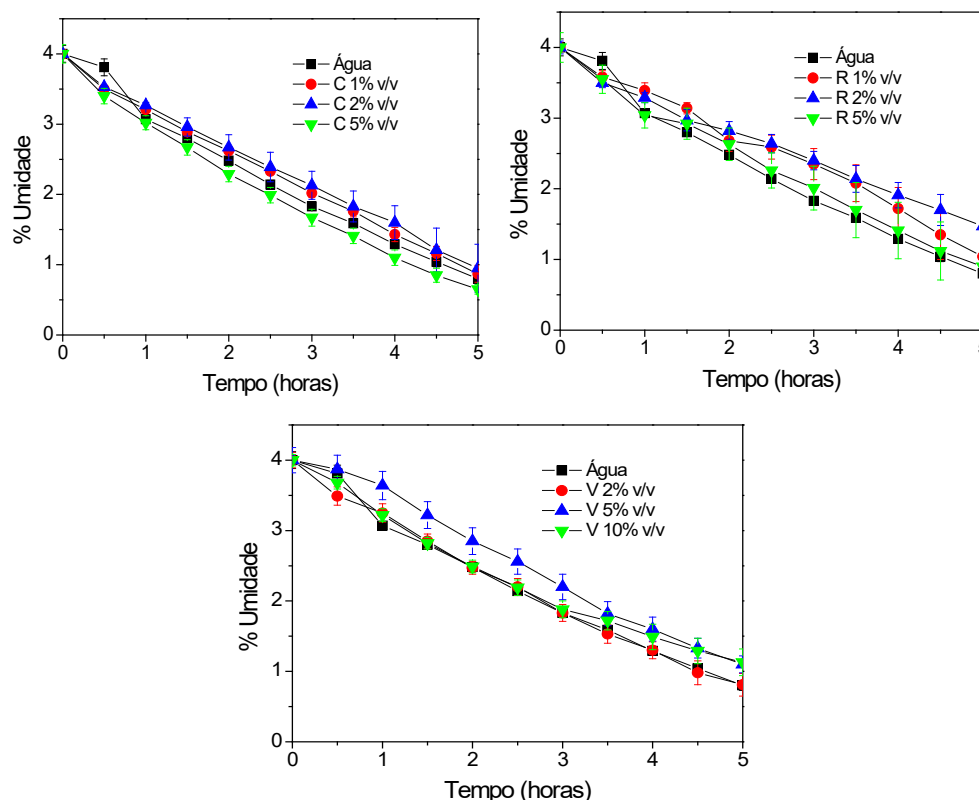


Figura 3: Evolução da umidade residual do pellet feed tratado com diferentes concentrações dos supressores C, R e V.

A Figura 4 apresenta os dados de umidade residual e velocidade de secagem obtidos a partir das curvas de umidade em função do tempo. Os resultados mostram diferenças significativas entre os produtos avaliados. O supressor R apresentou retenção de umidade muito superior as demais na concentração intermediária, enquanto o produto V apresentou desempenho constante em concentrações mais elevadas. Esses resultados sugerem que diferentes mecanismos físico-químicos governam a retenção de água promovida por cada formulação comercial. Em relação à velocidade de secagem, embora tenham sido observadas oscilações ao longo do ensaio, verifica-se que todas as formulações, com maior destaque ao produto V, reduziram a velocidade média de evaporação em relação à água pura. A redução da taxa de secagem aumenta o tempo de permanência da umidade no minério, prolongando o efeito supressor e reduzindo a necessidade de reaplicações do produto em operações industriais.

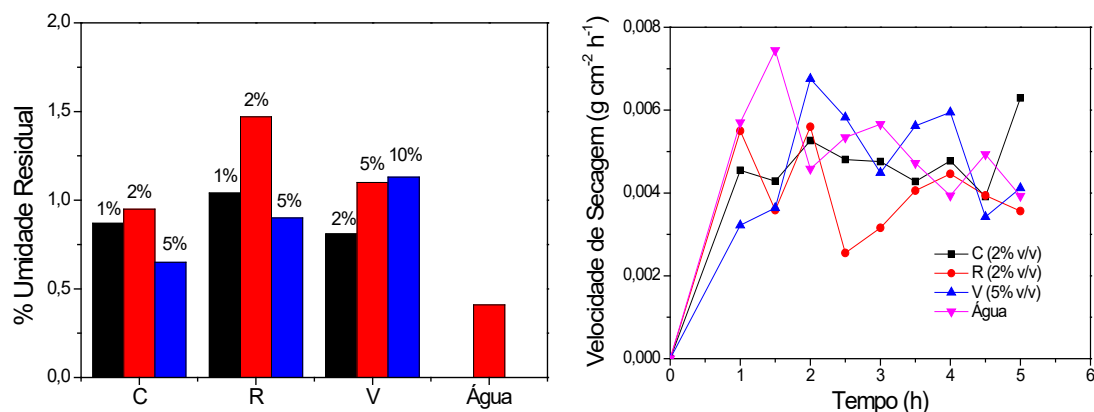


Figura 4: (a) Umidade residual após cinco horas de secagem para os diferentes supressores e concentrações avaliadas. (b) Velocidade instantânea de secagem das amostras tratadas com água e supressores comerciais.

5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que os três supressores comerciais modificam propriedades físico-químicas relevantes para o controle de poeira, porém por mecanismos distintos. O produto C apresentou maior redução da tensão superficial, indicando predominância de ação surfactante. Os produtos R e V promoveram alterações significativas na retenção de umidade sugerindo que estes apresentam mecanismo relacionado à higroscopicidade, o qual também desempenha papel importante na eficiência da supressão de poeira. Os resultados evidenciam que não existe um único parâmetro capaz de explicar a eficiência desses materiais, sendo necessária uma abordagem integrada envolvendo molhabilidade, retenção de umidade e interações eletrostáticas. Estudos futuros deverão correlacionar essas propriedades com ensaios diretos de emissão de poeira, permitindo estabelecer critérios quantitativos para seleção e desenvolvimento de novos supressores.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa, aos profissionais do CETEM pelo apoio e ajuda e a H2O Ambiental pelo fornecimento das amostras.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COPELAND, C. R; KAWATRA, S.K. Dust suppression in iron ore processing plants. Mining, Metallurgy & Exploration, [S.l.], v.22, n.4, p. 177-191, 2005. DOI: 10.1007/BF03403321
- COPELAND, C. R; KAWATRA, S.K. Are surfactants effective for iron dust control? International Journal of Materials and Structural Integrity, [s.l.], v.1, n.1, p. 259-276, 2007. DOI: 10.1504/IJMMSI.2007.013876
- HUANG, Z.; CHEN, S.; REN, J. Development and Characterization of an environmentally friendly composite dust suppressant for suppressing iron ore dust. Environ. Prog. Sustainable Energy. v. 45, n. 3, p. E70204. DOI: 10.1002/EP.70204